

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-287190

(43)Date of publication of application : 03.10.2002

(51)Int.Cl.

G02F 1/37

H01S 3/08

(21)Application number : 2001-089541

(71)Applicant : INST OF PHYSICAL & CHEMICAL
RES

NAITO NORIYUKI

(22)Date of filing : 27.03.2001

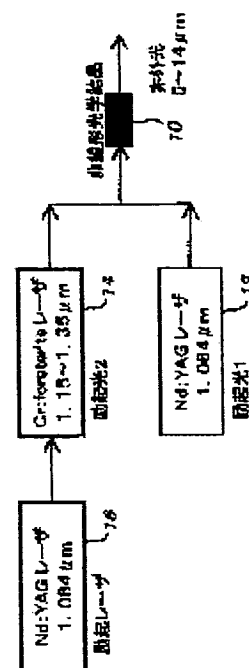
(72)Inventor : NAITO NORIYUKI
WADA TOMOYUKI
TASHIRO HIDEO

(54) IR LIGHT GENERATING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a compact IR light generating device with high output which is tunable for the wavelength.

SOLUTION: In the IR light generating device which allows two kinds of excitation light with different wavelengths to enter a nonlinear optical crystal to mix and to generate IR light by the difference frequency generation, a Nd:YAG laser 12 is used as the light source of the excitation light at the first wavelength in a shorter wavelength side which enters the nonlinear optical crystal 10, while a Cr: forsterite laser 14 is used as the light source of the excitation light at the second wavelength in a longer wavelength side which enters the nonlinear optical crystal 10.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of
rejection][Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-287190

(P2002-287190A)

(43) 公開日 平成14年10月3日 (2002.10.3)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコト* (参考)

G 0 2 F 1/37

G 0 2 F 1/37

2 K 0 0 2

H 0 1 S 3/08

H 0 1 S 3/08

5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-89541(P2001-89541)

(22) 出願日 平成13年3月27日 (2001.3.27)

(71) 出願人 000006792

理化学研究所

埼玉県和光市広沢2番1号

(71) 出願人 501123536

内藤 紀幸

埼玉県川口市戸塚2-7-25 川重第一東

川口寮304号

(72) 発明者 内藤 紀幸

埼玉県川口市戸塚2-7-25 川重第一東

川口寮304号

(74) 代理人 100087000

弁理士 上島 淳一

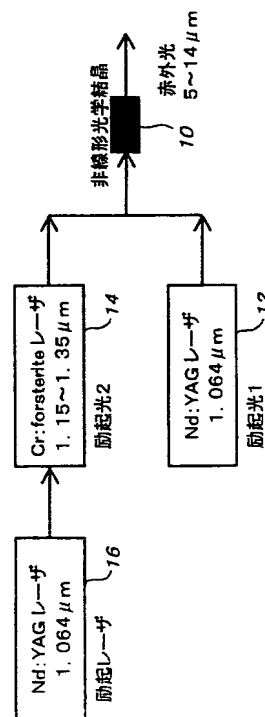
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 赤外光発生装置

(57) 【要約】

【課題】 高出力かつコンパクトで波長チューニング可能な赤外光発生装置を提供する。

【解決手段】 2種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生する赤外光発生装置において、非線形光学結晶10へ入射する短波長側の第1の波長の励起光の光源として、Nd:YAGレーザ12を用い、非線形光学結晶10へ入射する長波長側の第2の波長の励起光の光源として、Cr:forsteriteレーザ14を用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生する赤外光発生装置において、非線形光学結晶へ入射する短波長側の第 1 の波長の励起光の光源として、Nd : YAG レーザを用い、前記非線形光学結晶へ入射する長波長側の第 2 の波長の励起光の光源として、Cr : forsterite レーザを用いる赤外光発生装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の赤外光発生装置において、前記 Nd : YAG レーザは、前記第 1 の波長の励起光として波長 $1.064 \mu\text{m}$ のパルス・レーザ光を発生して前記非線形光学結晶へ入射し、前記 Cr : forsterite レーザは、 $1.15 \sim 1.35 \mu\text{m}$ の波長範囲でレーザ発振する波長可変レーザであり、両サイド励起によってパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制し、前記第 2 の波長の励起光として $1.15 \sim 1.35 \mu\text{m}$ の波長範囲のレーザ光を選択的に発生して前記非線形光学結晶へ入射し、前記 Cr : forsterite レーザが発生するパルス・レーザ光の波長に応じて、前記非線形光学結晶における差周波発生によって、 $5 \sim 14 \mu\text{m}$ の波長範囲の赤外光を選択的に発生する赤外光発生装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の赤外光発生装置において、前記 Nd : YAG レーザは、前記第 1 の波長の励起光として波長 $1.064 \mu\text{m}$ のパルス・レーザ光を発生して前記非線形光学結晶へ入射し、前記 Cr : forsterite レーザは、光路長の短いキャビティを用いて $1.15 \sim 1.35 \mu\text{m}$ の波長範囲でレーザ発振する波長可変レーザであり、前記光路長の短いキャビティを用いることによってパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制し、前記第 2 の波長の励起光として $1.15 \sim 1.35 \mu\text{m}$ の波長範囲のレーザ光を選択的に発生して前記非線形光学結晶へ入射し、前記 Cr : forsterite レーザが発生するパルス・レーザ光の波長に応じて、前記非線形光学結晶における差周波発生によって、 $5 \sim 14 \mu\text{m}$ の波長範囲の赤外光を選択的に発生する赤外光発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、赤外光発生装置に関し、さらに詳細には、2 種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生するようにした赤外光発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、波長 λ_1 、波長 λ_2 ($\lambda_1 < \lambda_2$) の 2 つの励起光を非線形光学結晶中で混合することにより、より長い波長 λ_3 ($1/\lambda_3 = 1/\lambda_1 - 1/\lambda_2$) のコヒーレント光を発生させる、という差周波発生

の原理が知られている。

【0003】従来より、上記した差周波発生の原理を利用して、2 種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生するようにした赤外光発生装置が知られている。

【0004】具体的には、非線形光学結晶に入射する 2 種類の波長の異なる励起光の光源について、短波長側の波長 λ_1 の第 1 の励起光の光源として波長可変レーザである Ti : Sapphire レーザを用い、長波長側の波長 λ_2 の第 2 の励起光の光源として波長 $1.064 \mu\text{m}$ でレーザ発振する Nd : YAG レーザを用いた赤外光発生装置が存在している。

【0005】ここで、差周波発生の原理において、差周波光は、非線形光学結晶中で短波長側の光が波長変換されることにより発生する。

【0006】即ち、上記した従来の赤外光発生装置において、差周波光（赤外光）は、短波長側の波長 λ_1 の第 1 の励起光を発生する波長可変レーザである Ti : Sapphire レーザにより発生された光が、非線形光学結晶中で波長変換されることにより発生するものである。

【0007】従って、この赤外光発生装置において差周波光（赤外光）の出力を決定するのは Ti : Sapphire レーザの出力であり、差周波光（赤外光）の出力は Ti : Sapphire レーザの出力に依存することになる。

【0008】ところで、Ti : Sapphire レーザは、波長 $0.532 \mu\text{m}$ の Nd : YAG レーザの第 2 高調波で励起する必要があるため、差周波光（赤外光）の出力を向上するためには、装置全体の大型化が避けられないという問題点があった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記したような従来の技術の有する問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高出力かつコンパクトで波長チューニング可能な赤外光発生装置を提供しようとするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明による赤外光発生装置は、図 1 の概念構成図に示すように、非線形光学結晶 10 を用いた差周波発生による赤外光発生装置であって、非線形光学結晶 10 に入射する短波長側の第 1 の波長の励起光（励起光 1）の光源として Nd : YAG レーザ 12 を用い、非線形光学結晶 10 に入射する長波長側の第 2 の波長の励起光（励起光 2）の光源として Cr : forsterite レーザ 14 を用いるようにしたものである。

【0011】より詳細には、波長 $1.064 \mu\text{m}$ でレーザ発振する Nd : YAG レーザ 12 と、波長 $1.15 \sim$

1. $35\mu\text{m}$ でレーザ発振する波長可変固体レーザであるCr:forsteriteレーザとを用いることにより、Nd:YAGレーザ12の基本波を短波長側の第1の波長の励起光(励起光1)として用いるようにしたので、高出力かつコンパクトであり、波長 $5\sim 14\mu\text{m}$ の赤外領域で波長チューニングが可能な赤外光発生装置を実現することができる。

【0012】なお、Cr:forsteriteレーザは、励起レーザとしてNd:YAGレーザ16を用いることができる。

【0013】また、本発明による赤外光発生装置をパルス動作で作動する場合には、第1の波長の励起光(励起光1)と第2の波長の励起光(励起光2)との2つのパルス・レーザ光の同期が重要となるので、この2つのパルス・レーザ光の同期を図るため、波長可変固体レーザであるCr:forsteriteレーザにより発生されるパルス・レーザ光のタイム・ジッター(time jitter)を抑制することが重要となる。

【0014】このために、本発明による赤外光発生装置においては、両サイド励起を用いてCr:forsteriteレーザを励起したり、光路長の短いキャビティを構成してCr:forsteriteレーザを発振させたりすることにより、波長可変固体レーザであるCr:forsteriteレーザにより発生されるパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制して、2つのパルス・レーザ光の同期を図るようにしている。

【0015】即ち、本発明のうち請求項1に記載の発明は、2種類の波長の異なる励起光を非線形光学結晶に入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生する赤外光発生装置において、非線形光学結晶へ入射する短波長側の第1の波長の励起光の光源として、Nd:YAGレーザを用い、上記非線形光学結晶へ入射する長波長側の第2の波長の励起光の光源として、Cr:forsteriteレーザを用いるようにしたものである。

【0016】また、本発明のうち請求項2に記載の発明は、本発明のうち請求項1に記載の発明において、上記Nd:YAGレーザは、上記第1の波長の励起光として波長 $1.064\mu\text{m}$ のパルス・レーザ光を発生して上記非線形光学結晶へ入射し、上記Cr:forsteriteレーザは、 $1.15\sim 1.35\mu\text{m}$ の波長範囲でレーザ発振する波長可変レーザであり、両サイド励起によってパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制し、上記第2の波長の励起光として $1.15\sim 1.35\mu\text{m}$ の波長範囲のレーザ光を選択的に発生して上記非線形光学結晶へ入射し、上記Cr:forsteriteレーザが発生するパルス・レーザ光の波長に応じて、上記非線形光学結晶における差周波発生によって、 $5\sim 14\mu\text{m}$ の波長範囲の赤外光を選択的に発生するようにしたものである。

【0017】また、本発明のうち請求項3に記載の発明

は、本発明のうち請求項1に記載の発明において、上記Nd:YAGレーザは、上記第1の波長の励起光として波長 $1.064\mu\text{m}$ のパルス・レーザ光を発生して上記非線形光学結晶へ入射し、上記Cr:forsteriteレーザは、光路長の短いキャビティを用いて $1.15\sim 1.35\mu\text{m}$ の波長範囲でレーザ発振する波長可変レーザであり、上記光路長の短いキャビティを用いることによってパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制し、上記第2の波長の励起光として $1.15\sim 1.35\mu\text{m}$ の波長範囲のレーザ光を選択的に発生して上記非線形光学結晶へ入射し、上記Cr:forsteriteレーザが発生するパルス・レーザ光の波長に応じて、上記非線形光学結晶における差周波発生によって、 $5\sim 14\mu\text{m}$ の波長範囲の赤外光を選択的に発生するようにしたものである。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、添付の図面に基づいて、本発明による赤外光発生装置の実施の形態の一例を詳細に説明するものとする。

【0019】図2には、本発明の実施の形態の一例としての赤外光発生装置の構成説明図が示されている。

【0020】この図2に示す赤外光発生装置は、パルス動作で作動するものとし、短波長側のパルス・レーザ光の光源たる波長 $1.064\mu\text{m}$ でレーザ発振するNd:YAGレーザ100と、長波長側のパルス・レーザ光の光源たる $1.15\sim 1.35\mu\text{m}$ の波長範囲でレーザ発振する波長可変固体レーザであるCr:forsteriteレーザ102と、Cr:forsteriteレーザ102を励起するための光源たるNd:YAGレーザ104と、Nd:YAGレーザ100をパルス動作で作動するためのトリガーをNd:YAGレーザ100へ出力するとともに、Cr:forsteriteレーザ102をパルス動作で作動させるためにNd:YAGレーザ104をパルス動作で作動するためのトリガーをNd:YAGレーザ104へ出力するパルス発生装置106と、Nd:YAGレーザ100とCr:forsteriteレーザ102とにおいてそれぞれ発生されたパルス・レーザ光を入射して混合し、差周波発生により赤外光を発生する非線形光学結晶108とを有して構成されている。

【0021】なお、非線形光学結晶108としては、例えば、カルコパイライト結晶である AgGaS_2 結晶、 HgGa_2S_4 結晶、 GaSe 結晶などを用いることができる。

【0022】上記したように、Cr:forsteriteレーザ102の励起光源としては、波長 $1.064\mu\text{m}$ でレーザ発振するNd:YAGレーザ104を用いているが、その励起強度を高めるために、Nd:YAGレーザ104から出射された基本波である波長 $1.064\mu\text{m}$ の励起光は、レンズ110、112で構成された

10

20

30

40

50

テレスコープにより所定のビーム径に調整された後に、ビーム・スプリッター 114 で 2 方向に分岐される。

【0023】ビーム・スプリッター 114 で 2 方向に分岐された励起光のうちの一方の励起光 A は、折り返しプリズム 116、118 を介して波長可変レーザ結晶たる Cr:forsterite レーザ結晶 120 の一方のサイド (図 2 における左サイド) へ導入され、一方、ビーム・スプリッター 114 で 2 方向に分岐された励起光のうちの他方の励起光 B は、反射鏡 122、折り返しプリズム 124、126 を介して Cr:forsterite レーザ結晶 120 の他方のサイド (図 2 における右サイド) へ導入され、Cr:forsterite レーザ結晶 120 は両サイド励起されることになる。

【0024】これにより、Cr:forsterite レーザ 102 の利得が高くなり、Cr:forsterite レーザ 102 が発生するパルス・レーザ光のタイム・ジッターを抑制することができる。

【0025】さらに、この Cr:forsterite レーザ 102 においては、Cr:forsterite レーザ結晶 120 を中間に位置するようにして、Cr:forsterite レーザ結晶 120 の一方の側 (図 2 における左側) には、パルス・レーザ光の出射側として出力鏡 128 (出力鏡 128 は、波長 1.15~1.35 μm の光を所定の透過率 (例えば、30%) で透過するミラーにより構成される。) が配置され、Cr:forsterite レーザ結晶 120 の他方の側 (図 2 における右側) には、波長セクタとして機能する波長選択用の分散プリズム 130 と回転鏡 132 とが配置されており、出力鏡 128 と回転鏡 132 とによりキャビティが構成されている。換言すれば、出力鏡 128 はキャビティを構成する一方のミラーであり、回転鏡 132 はキャビティを構成する他方のミラーである。

【0026】ここで、出力鏡 128 は、図 3 に示すように、円板形状の出力鏡の一部がカットされて略 D 字形状に構成されている。従って、従来の円板形状の出力鏡であるならば、Cr:forsterite レーザ結晶 120 への励起光 A の導入を妨げないようにするために、Cr:forsterite レーザ結晶 120 から離れた位置 C に配置する必要があったが、この略 D 字形状の出力鏡 128 によれば、カットされた領域を励起光 A が通過することができるため、Cr:forsterite レーザ結晶 120 の近傍の位置 D に配置することができるため、キャビティの光路長を短くすることができ、タイム・ジッターを抑制することができるようになる。

【0027】また、分散プリズム 130 も、従来より一般的に配置される位置 E に比べて、Cr:forsterite レーザ結晶 120 の近傍の位置 F に配置するようにしたため、これによってもキャビティの光路長を短くすることができ、なお一層タイム・ジッターを抑制することができるようになる。

【0028】以上の構成において、この赤外光発生装置により差周波により赤外光を発生させるためには、短波長側の第 1 の励起光 (以下、「励起光 1」と称する。) を発生する Nd:YAG レーザ 100 と、長波長側の第 2 の励起光 (以下、「励起光 2」と称する。) を発生する Cr:forsterite レーザ 102 とを、パルス発生装置 106 で発生させた外部のトリガーをそれぞれ用いてパルス動作させる。パルス・レーザ光である励起光 1 と励起光 2 との同期は、この 2 つの外部のトリガーの時間タイミングを調整することによって行う。

【0029】上記した構成の赤外光発生装置においては、励起光 1 の波長 λ_1 、励起光 2 の波長 λ_2 には、「 $\lambda_1 < \lambda_2$ 」の関係がある。上記したように、差周波発生 の原理は、短い波長の励起光 1 が差周波光に変換されるので、その出力を決定するのは、励起光 1 の出力となる。

【0030】この赤外光発生装置では、励起光 1 が 1.064 μm でレーザ発振する Nd:YAG レーザであるため、従来の Ti:Sapphire レーザと Nd:YAG レーザとの組み合わせに較べて、高出力化と小型化とを同時に達成することができる。

【0031】即ち、この赤外光発生装置においては、Nd:YAG レーザの基本波が励起光 1 であるため、高出力かつコンパクトであり、しかも 5~14 μm の広い波長範囲で波長チューニング可能な、波長可変領域が広い赤外光発生装置が実現できる。

【0032】なお、図 4 には、本願出願人の実験結果による Cr:forsterite レーザ 102 の波長とタイム・ジッターとの関係を表すグラフが示されている。Cr:forsterite レーザ結晶 120 に対して両サイド励起を用いることにより、1200~1250 ns の波長域において、タイム・ジッターは最大 5 ns に抑制することができた。

【0033】また、図 5 は Nd:YAG レーザ 100 のレーザ・パルスを示し、図 6 は Cr:forsterite レーザ 102 のレーザ・パルスを示している。これら 2 つのレーザ・パルスは、図 7 に示すようにそれぞれ 100 ショット発生した際にも同期を取ることができた。

【0034】なお、上記した実施の形態は、以下の (1) 乃至 (3) に示すように変形してもよい。

【0035】(1) 上記した実施の形態においては、波長セクタとして分散プリズム 130 と回転鏡 132 とを用いているが、さらにスペクトル幅を狭くするために、分散プリズム 130 と回転鏡 132 との間にエタロン 140 を挿入するようにしてもよい (図 2 参照)。

【0036】(2) 上記した実施の形態においては、波長セクタとして分散プリズム 130 と回転鏡 132 とを用いているが、これに限られるものではないことは勿論であり、分散プリズム 130 と回転鏡 132 とに代え

て、例えば、回折格子を用いるようにしてもよい。

【0037】(3) 上記した実施の形態ならびに上記した(1)乃至(2)に示す変形例は、適宜に組み合わせるようにしてもよい。

【0038】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので、高出力かつコンパクトで波長チューニング可能な赤外光発生装置を提供することができるという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による赤外光発生装置の概念構成図である。

【図2】本発明の実施の形態の一例としての赤外光発生装置の構成説明図である。

【図3】円板形状の出力鏡の一部がカットされて略D字形状に構成された出力鏡の斜視図である。

【図4】本願出願人の実験結果によるCr:forsteriteレーザの波長とタイム・ジッターとの関係を表すグラフである。

【図5】Nd:YAGレーザのレーザ・パルスを示す波形である。

【図6】Cr:forsteriteレーザのレーザ・

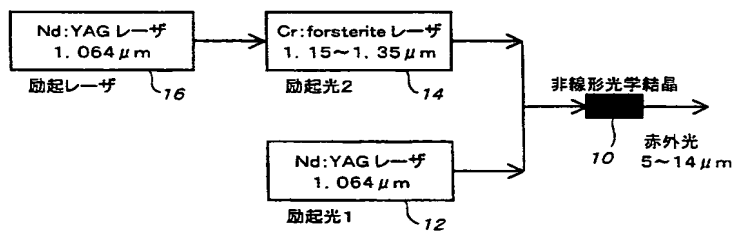
パルスを示す波形である。

【図7】Nd:YAGレーザのレーザ・パルスとCr:forsteriteレーザのレーザ・パルスとをそれぞれ100ショット発生した際の同期の状態を示す波形である。

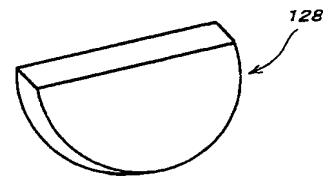
【符号の説明】

10	非線形光学結晶
12	Nd:YAGレーザ
14	Cr:forsteriteレーザ
16	Nd:YAGレーザ
100	Nd:YAGレーザ
102	Cr:forsteriteレーザ
104	Nd:YAGレーザ
106	パルス発生装置
108	非線形光学結晶
114	ビーム・スプリッター
120	Cr:forsteriteレーザ結晶
128	出力鏡
130	分散プリズム
132	回転鏡
140	エタロン

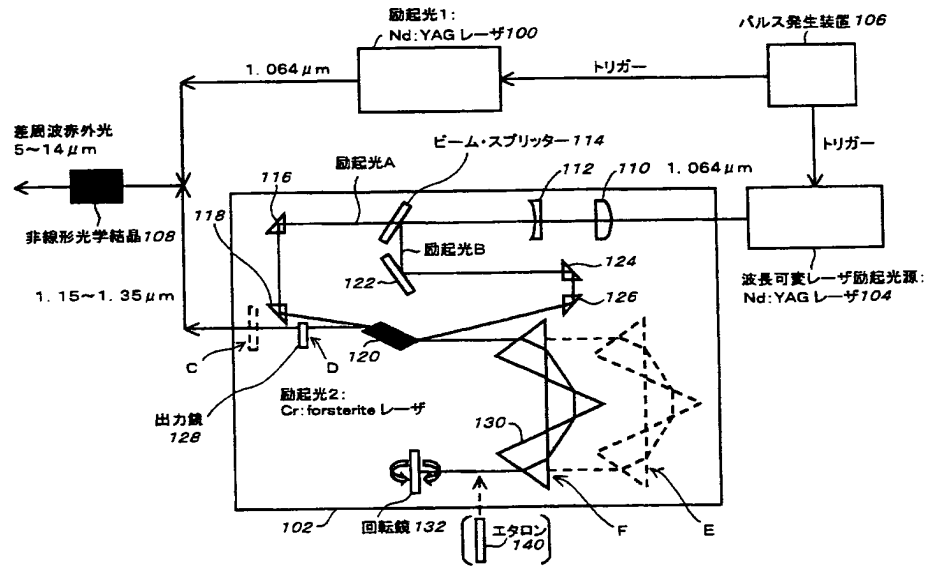
【図1】



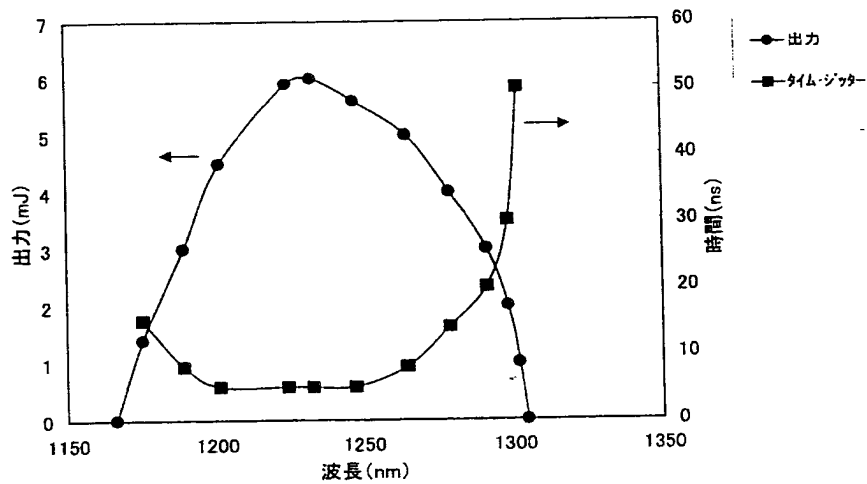
【図3】



【図2】

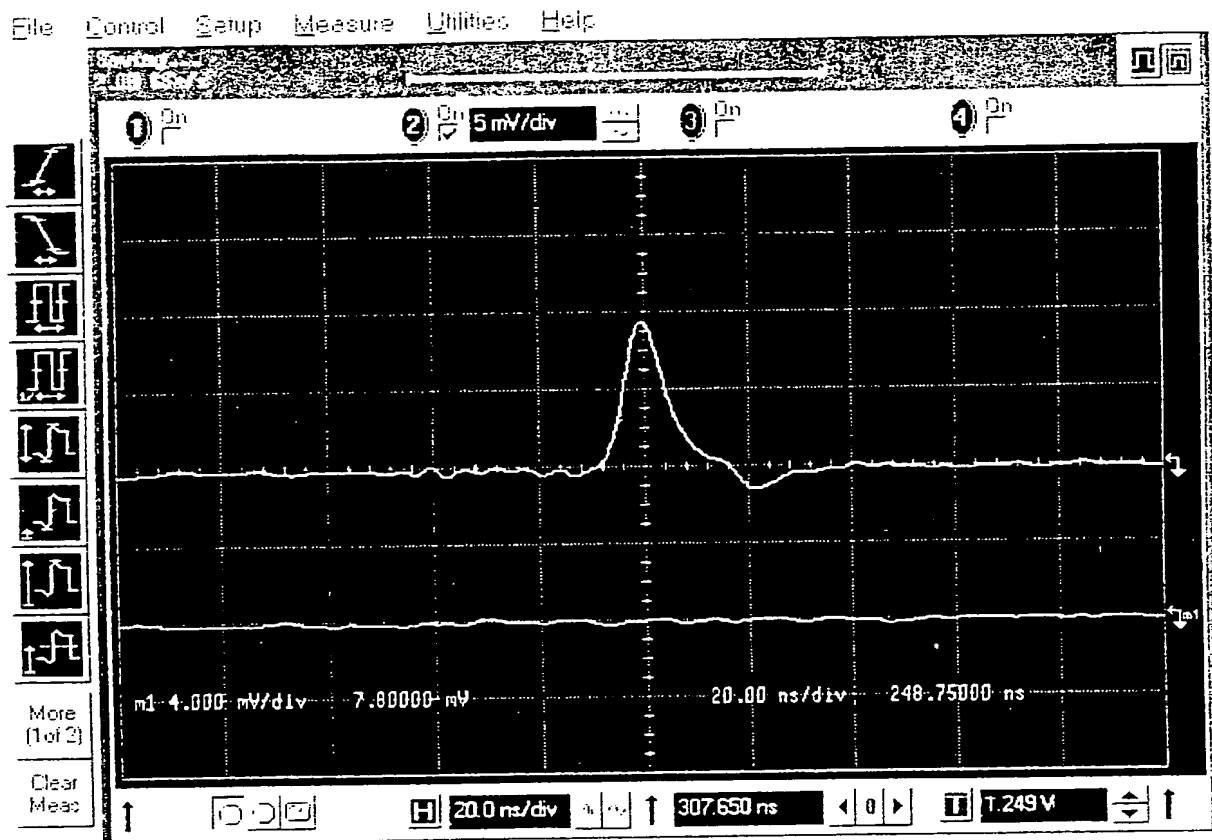


【図4】



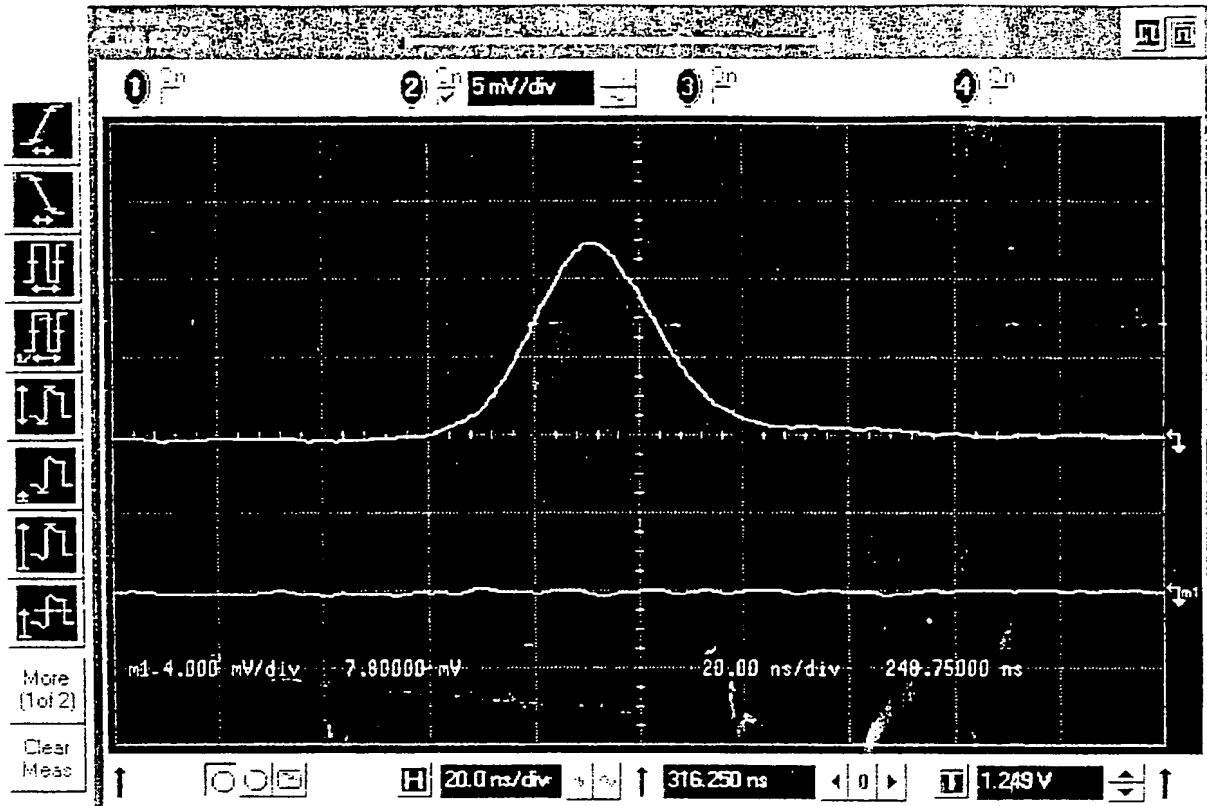
Cr: forsteriteレーザの波長とタイム・ジッターの関係

【図 5】

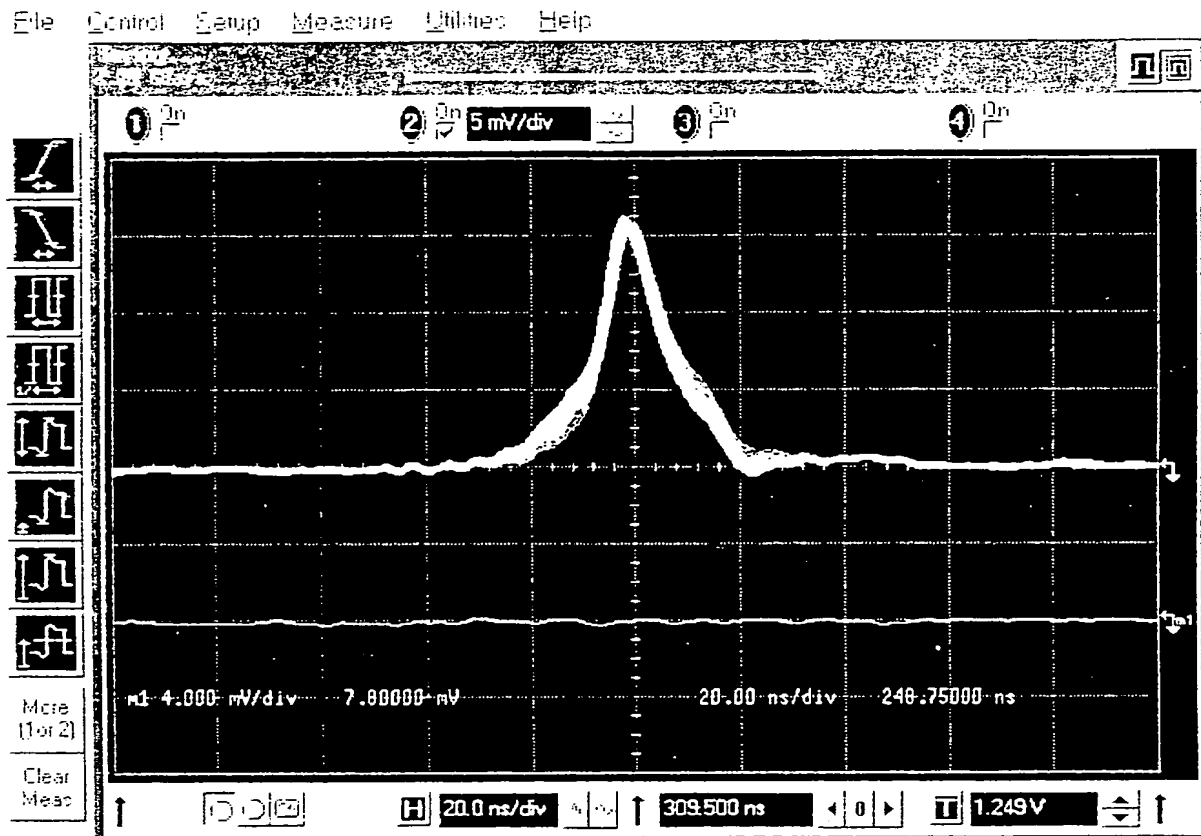


【図6】

File Control Setup Measure Utilities Help



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 和田 智之
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所
内

(72)発明者 田代 英夫
埼玉県和光市広沢 2 番 1 号 理化学研究所
内

F ターム(参考) 2K002 AB12 BA02 BA04 CA02
5F072 JJ20 KK01 KK12 QQ02 RR01
SS06

THIS PAGE BLANK (USPTO)